

Стур-фиорд.

(Гидрологический очерк).

Проф. А. И. Россолимо.

В 1925 году Советом Морского научного института, кроме обычных работ, были намечены дополнительные геологические изыскания на западном побережье Стур-фиорда, на Свальбарде (б. Шпицберген). Ледовитость этого года была значительна и, когда „Персей“ подошел 25 июля к Стур-фиорду, оказалось, что последний забит льдами, местами доходившими до 9 баллов. Когда, после некоторых работ в открытом море, „Персей“ вновь вернулся к Свальбарду, то оказалось уже возможным пробиться до Уэйлс-бай. Оставив здесь береговую партию, экспедиция покинула Стур-фиорд и, спустя некоторое время, вновь вернулась за ней. Во время вторичного пребывания в Стур-фиорде экспедиция произвела ряд гидрологических работ в заливе, пользуясь более благоприятным состоянием льдов, которое за время отсутствия „Персея“ успело настолько улучшиться, что большинство станций было сделано в области чистой воды. Льды были отчасти прижаты к берегу западной части залива и отчасти вынесены господствовавшими в это время норд-остовыми ветрами (см. рис. 1). Несмотря на это, все-таки нам не удалось пробиться к северу дальше $78^{\circ}N$ и, таким образом, крайний северный участок залива, миль на 40, нами не был исследован. Между тем, для уяснения общей гидрологической картины залива, эта область представила бы значительный интерес, как область, связанная с полярным морем двумя проливами—южным, более широким (Thymen¹) и северным, более узким (пр. Helis). Как мы далее увидим, северная часть Стур-фиорда находится отчасти под влиянием этих протоков, по крайней мере южного.

Всего в Стур-фиорде нами было сделано 14 гидрологических серий (см. карту станций), которые располагаются по одному продольному разрезу от $77^{\circ}58'$ (ст. 348) до $77^{\circ}12'$ (ст. 358) N и двум поперечным—северному, по $78^{\circ}N$ (ст. 346—350), от ледника Инглефильда на западном берегу недалеко от Агард-бай $77^{\circ}53'N$ $18^{\circ}41'O$ (ст. 346) к мысу Бланк $77^{\circ}59'N$ $20^{\circ}36'O$ (ст. 350), и южному по $77^{\circ}30'N$ от горы Шенрока не далеко от Уэйлс-бай $77^{\circ}20'N$ $18^{\circ}37'O$ (ст. 357). к мысу Уэйлс-пойнт $77^{\circ}23.4'N$ $20^{\circ}14'O$ (ст. 354). Таким образом, наши станции покрывают почти две трети всего залива, считая южную границу его по линии нашего второго поперечного разреза. Строго говоря, граница эта принимается нами только по чисто внешнему географическому признаку—началу узкой части залива; однако, если принять за вход в фиорд, характерный для фиордов западного Свальбарда, порог, встречающийся в большинстве фиордов у входа, то для Стур-фиорда не удастся точно установить такую резкую границу.

На нашем схематическом разрезе Стур-фиорда по линии AB (см. рис. 2) мы видим между ст. 358 и 356 совершенно отчетливо некоторое возвышение, дающее как бы представление о наличии здесь порога, но это так представляется только потому, что несколько дальше к северу имеется неглубокая яма (ст. 356 и 353), которая по широте имеет незначительное протяжение, равно как и более глубокое место на ст. 358; и таким образом настоящего порога во всю ширину входа в залив, порога, отделяющего фиорд от открытого моря, в данном случае не наблюдается.

От наибольших глубин, в районе наших ст. 353, 356 и 358, достигающих 163 м, дно довольно круто поднимается до 78 м, ст. 352 на $77^{\circ}39'N$, затем, далее к северу, залив становится мельче и у входа в северный залив Женевра глубина падает до $16\frac{1}{2}$ м. Рельеф дна Стур-фиорда имеет одну особенность, которая заметна на всех кривых глубин, изображенных на чертеже (см. рис. 3)². По оси залива дно несколько приподнято, а к обоим берегам, западному и восточному, явственно заметно понижение дна, в особенности к первому. Кроме того, дно, примыкающее к западному берегу, имеет больший уклон, что находится в связи с характером побережья, также круто спускающегося к морю.

¹ По карте, составленной А. С. Васильевым (изд. Академии наук СССР). На английской карте кор. 1924 г., проливы эти названы Geestap и Heleу.

² Шесть поперечных разрезов обозначены римскими цифрами и проведены не строго-параллельно, в виду необходимости использовать имеющиеся на картах промеры.

На существующих картах имеется сравнительно мало указаний на характер грунтов в Стур-фиорде. Наибольшее число наблюдений относится к области собственно открытого моря—области, лежащей на широте Южного мыса (South Cape). Здесь встречаются, главным образом, ил, ил с камнями и глина; в самом Стур-фиорде на меридиане Уэйлс-бай имеется

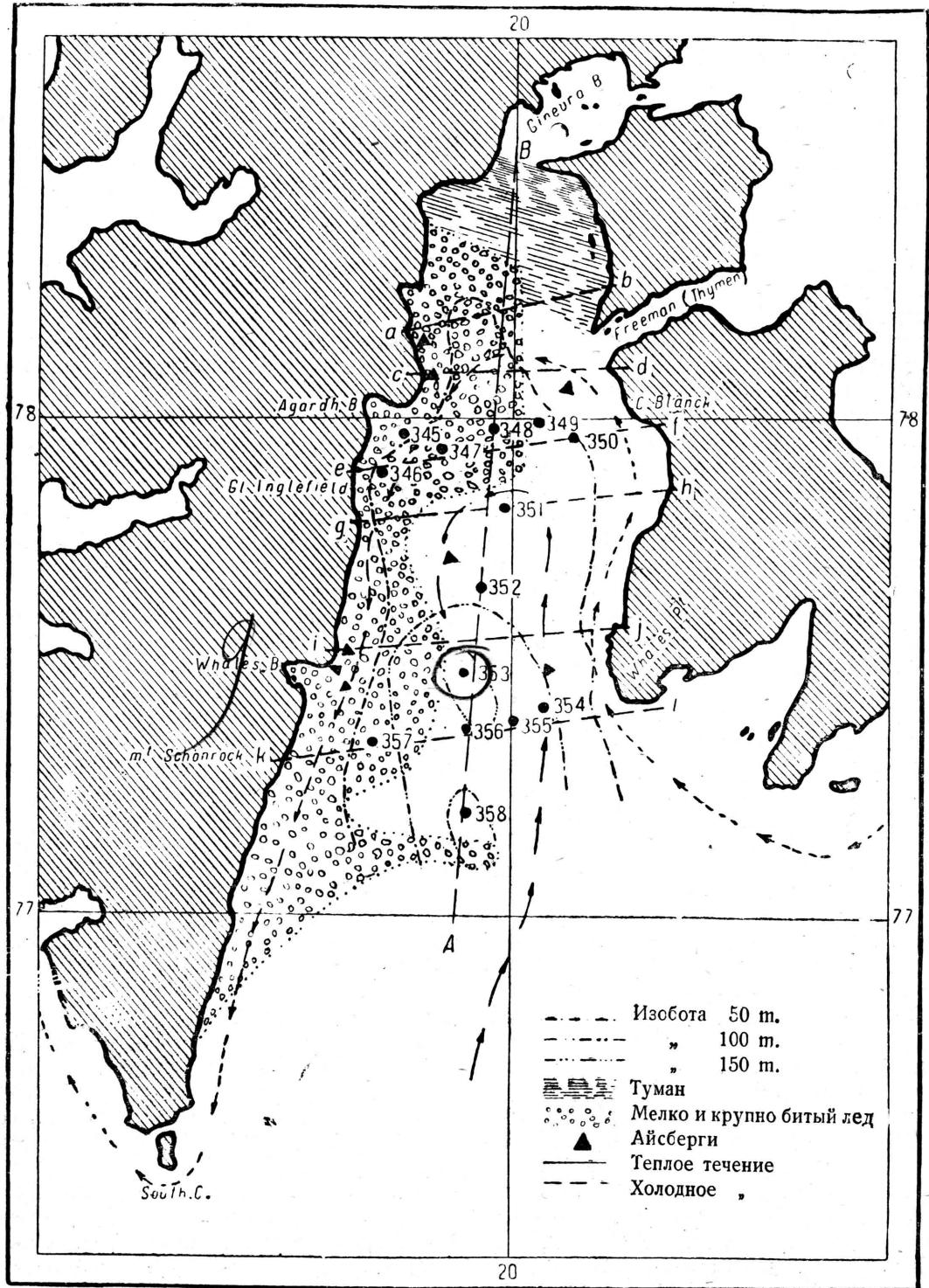


Рис. 1. Карта Стур-фиорда.

один ряд наблюдений от западного берега к восточному; на всем протяжении поперек фиорда на английской карте отмечен ил. По нашим наблюдениям, на всех наших станциях, кроме зеленовато-серого ила, обнаружены были камни разного размера, которые находились в пробах грунта, полученных при помощи различных орудий (трубкой Экмана, драгой, дно-черпательем Петерсена). На некоторых станциях (ст. 348 и 351) северной центральной области

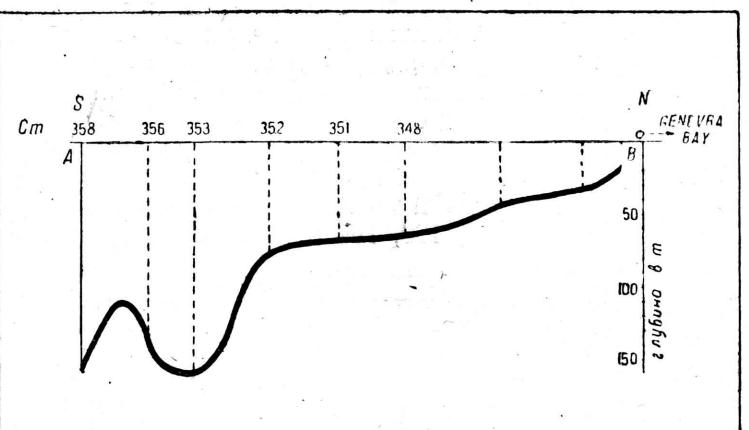


Рис. 2. Схематический разрез стур-фиорда по линии А-В.

оправдается при ближайшем исследовании. Еще в начале 900 годов Н. М. Кипович указывал на возможность существования ветви теплого Шпицбергенского течения в глубине Стур-фиорда. Это предположение было высказано им на основании сравнительно небольшого гидрологического материала русской экспедиции для градусных измерений. Такое предположение напрашивается само собою в силу расположения северного ответвления (Атлантического) Нордкапского течения, которое, встречая на своем пути группу островов Сvalьбарда, должно частично отклониться к востоку и залить своими водами по крайней мере более глубокое пространство у входа в Стур-фиорд; к этому его понуждает еще мелководье острова Медвежьего и так называемые Шпицбергенские банки. Иной вопрос, насколько глубоко эта часть Атлантического течения проникает вглубь фиорда и насколько режим последнего обусловливается влиянием этой воды.

Вообще, географические условия здесь вполне благоприятствуют влиянию открытого океана. В равной мере это относится и к северо-восточному полярному течению, которое по существующим предположениям омывает берега Сvalьбарда, двигаясь с востока на запад в виде берегового течения, огибает Южный мыс и далее направляется вдоль западного побережья архипелага, постепенно теряясь на севере. Водой этого течения покрывается узкая прибрежная мелководная полоса. Это полярное течение

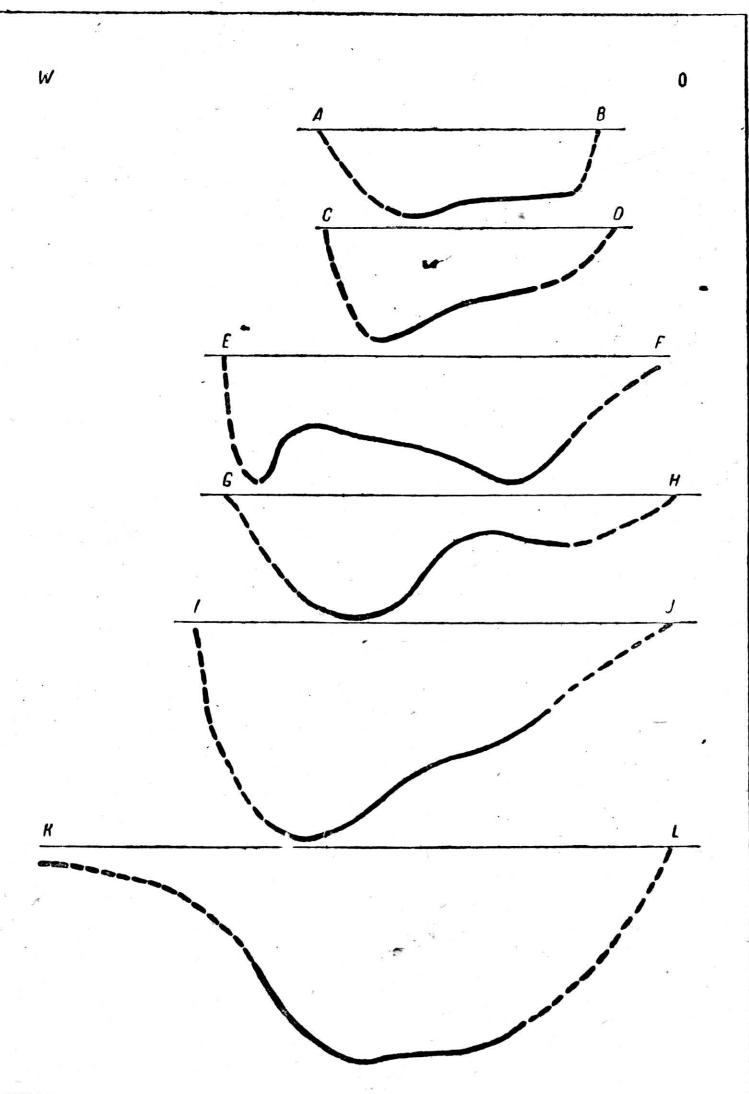


Рис. 3. Схематические разрезы по линиям-б, с-de-ф, g-h, i-jk-l.

¹ После того, как настоящая работа была сдана в печать, появилась работа В. Ю. Визе. (Гидрологические наблюдения произведенные на ледоколе „Малыгин“ в Баренцевом море в 1928 г.), касающаяся отчасти затронутого вопроса.

исследованного участка фиорда встречались более крупные камни; на самой южной ст. 358 камней было мало. На двух крайних станциях южного разреза (ст. 354 и 357), лежащих ближе к берегу, верхний слой грунта имел желтоватый оттенок.

Гидрологический режим Стур-фиорда тесно связан с режимом открытого моря, благодаря широкому входу в него и возможности свободного проникновения в него океанской воды. Было полное основание думать, что предположение о проникновении в фиорд теплого атлантического течения

занимает верхний слой воды; теплая же, но более тяжелая вода, течет под ним на некоторой глубине. У западных берегов эти два течения располагаются сперва параллельно (по Нансену, 1915, Атлантическое течение дальше от берега), а далее в северо-западной части Сvalльбарда полярное течение постепенно затухает, смешиваясь с Атлантическим.

Морской научный институт в 1924 году сделал ряд станций в этой редко посещаемой области; подробное рассмотрение гидрологического материала, полученного здесь, будет дано в другом месте; здесь же укажу на некоторые станции, имеющие отношение к затронутому вопросу о Шпицбергенском холодном течении; станции 5-й экспедиции Морского Научного Института 1924 года (см. рис. 4): ст. 191, 193, 195, 197, 198, 199 и 200 находятся в районе

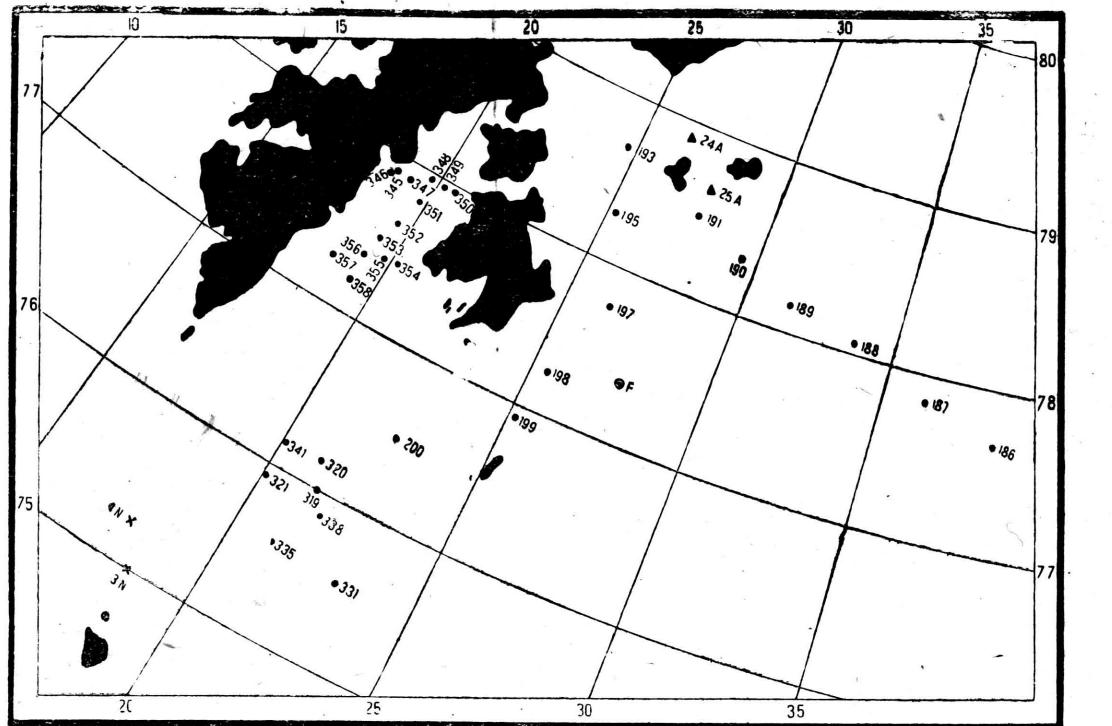


Рис. 4. Карта станций.

смежном с восточным и юго-восточным побережьем Сvalльбарда. Первые две, одна к юго-востоку, другая к западу от острова Сведиш-Фореланд (Swedish Foreland), обе на расстоянии, приблизительно, 20 миль от острова; остальные расположены вдоль острова Эджа (Edge Island) на расстоянии 25—40 миль.

Таблица 1.

	Fram 23 84°28'N 75°56'O 31/vii-1895 г.	Амундсен 24 78°55'N 26°20'O 20/viii-1901 г.	Амундсен 25. в 8 милях юж- нее земли Карла 23/vii-1898 г.	Нанберг „F“ 77°25'N 27°30'O				
m	t°	S°/oo	t°	S°/oo	t°	S°/oo	t°	S°/oo
0	0.16	31.53	1.7	33.03	1.3	33.69	-0.3	32.97
10	-	-	1.2	33.82	-	-	-1.0	33.16
20	-1.79	32.18	0.2	34.12	-	-	-	-
25	-	-	-1.16	34.28	0.13	33.95	-	-
30	-	-	-1.44	34.25	-0.63	33.97	-1.7	33.85
40	-1.88	33.32	-1.63	34.43	-	-	-	-
50	-	-	-1.79	34.46	-1.17	34.21	-1.7	34.12
60	-1.88	33.70	-1.94	34.50	-1.17	34.31	-	-
80	-1.86	34.03	-1.92	34.49	-1.25	34.37	-	-
100	-1.78	34.22	-1.80	34.53	-1.35	34.31	-0.8	34.33
120	-1.59	34.29	-	-	-	-	-	-
125	-	-	-1.51	34.59	-	-	-	-
140	-1.48	34.32	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-1.79	34.61	-	-	-1.5	34.96
160	-0.82	34.65	-	-	-	-	-	-

шена с наиболее низкой температурой на глубине 85 м — 1.19. Эта станция находится перед входом в южный фиорд Хорнзунд, на западном берегу. Здесь полярная вода уже частично

смешалась с водой Атлантического течения. Ст. 24 Амундсена наиболее ярко выражает характерные особенности полярной воды с температурой —1.92° на глубине 80 м; поверхностный слой несколько прогрет. На ст. „F.“ Нанберга температура отрицательная сверху до глубины 100 м, минимум в слое 30—50 м. Наши ст. 191 и 193 (см. табл. 2), лежащие к востоку и западу от Сведиш-Фореланда, являются также типичными: температура = —1.35° соленость = 34.49°/oo на глубине 100 м (ст. 191) и температура = —1.60° и соленость = 34.49°/oo на глубине 100 м (ст. 193). Из остальных указанных выше станций, сделанных вдоль восточного берега, характерными также являются ст. 195 и 196, в особенности последняя с температурой на глубине 50 м и 100 м = —1.48° и —1.43° и соленостью на глубине 50 м = 34.49°/oo¹. Однако мы имеем полярную воду не только на этой серии станций; такая вода встречена была нами и в более отдаленном от Сvalльбарда районе.

Таблица 2.

200 76°29'N 22°45'O 10/ix			199 76°53'N 25°12'30''O 9/ix			198 77°14'N 25°37'O 9/ix			197 77°44'N 26°20'O 9/ix			195 78°15'N 25°37'30''O 8/ix			193 78°40'30''N 24°57'O 8/ix		
m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo
0	2.00	34.11	0	0.86	33.58	0	-0.02	32.97	0	-0.22	32.81	0	-1.17	31.71	0	-1.22	34.44
10	1.83	34.04	10	1.00	1.00	10	0.10	—	10	0.05	32.79	10	-1.33	31.92	10	-0.95	—
25	2.00	34.13	25	0.99	0.99	25	-0.30	33.62	25	-0.50	33.98	25	-0.50	34.29	25	-1.23	34.33
50	1.89	34.18	45	1.13	1.13	50	-0.10	34.09	50	-1.48	34.49	50	-0.90	34.43	50	-1.50	34.42
80	2.13	34.54	50	—	—	80	0.05	—	100	-1.43	—	100	-0.54	34.61	100	-1.60	34.49
84	—	—	87	—	—	110	—	—	113	—	—	135	-0.93	34.56	138	—	—
191 78°29'N 27°37'O 5/ix			190 78°22'N 29°03'30''O 5/ix			189 78°10'30''N 31°23'30''O 5/ix			188 78°02'N 33°46'30''O 4/ix			187 77°51'30''N 36°05'30''O 4/ix			186 77°40'30''N 38°35'30''O 4/ix		
m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo	m	t°	S°/oo
0	—	—	0	-0.62	31.64	0	0.13	32.38	0	0.20	32.63	0	—	—	0	-0.10	32.61
10	-1.20	—	10	-0.50	31.64	10	-0.30	32.38	10	0.04	32.65	10	-1.11	33.21	10	-0.90	32.54
25	-0.93	33.48	25	-1.05	34.16	25	-1.11	34.54	25	-0.24	33.21	25	-0.73	33.31	25	-0.74	33.48
50	-1.30	—	50	-1.75	—	50	-1.69	34.43	50	-1.50	34.51	50	-1.50	34.51	50	-1.55	34.54
100	-1.35	34.49	100	-1.50	34.52	100	-1.20	—	100	-1.43	34.58	100	-1.10	34.67	100	-1.00	—
125	-1.12	34.42	200	-0.28	34.63	200	1.91	34.94	165	0.35	34.85	110	-0.63	34.78	200	0.02	34.87
128	—	—	300	0.86	34.97	220	0.85	34.99	170	—	—	114	—	—	215	0.50	—
	—	—	305	—	—	225	—	—	230	—	—	—	—	—	—	—	—

На той же таблице приведены данные для ряда станций (ст. 190—186), в которых верхний слой в 100 м является охлажденным до —1.5° и с соленостью до 34½°/oo, т. е. с явными признаками элементов полярной воды. Ст. 198 и следующие, более южные, ст. 199 и 200, уже находятся в районе влияния восточного Шпицбергенского теплого течения и характеризуются уже более высокой температурой; положительная температура появляется впервые на ст. 198 на глубине 10 м, а на следующих двух отмечена нами положительная температура от поверхности до дна. Таким образом, эти станции заметно отличаются от станции F. Нанберга, которая находится далее к востоку, очевидно за пределами теплого течения. К сожалению в нашем распоряжении не имеется гидрологических данных для прибрежной полосы вдоль о. Эджа; тут по всей вероятности мы могли бы встретить полярное течение прижатое к берегу и проследить его дальше у входа в Стур-фиорд. К югу от Стур-фиорда мы имеем группу станций нашей 7-й экспедиции 1925 года, лежащих в районе Шпицбергенского мелководья; северные из них, ближайшие к фиорду, находятся на 76° сев. ш. Между этими станциями и предыдущим пространством фиорда расстояние 60—70 миль; к сожалению все это пространство не исследовано. Некоторые из этих станций, как напр. ст. 321, отличаются сравнительно высокой и однообразной температурой во всей толще воды, а также высокой соленостью, доходящей у дна до 35.01°/oo (см. табл. 3). Группа станций, приведенная в таблице, расположена в области Шпицбергенских банок севернее о. Медвежьего. Условия температуры и солености здесь несколько осложнены тем обстоятельством, что станции эти расположены частью над мелководьем, частью же на склоне банки с глубинами, доходящими до 135 м (ст. 341). На мелководных станциях, типичных для этих банок (ст. 319, 338, 335), можно констатировать характерные признаки — гомотермию

¹ Образец воды, взятой на глубине 100 м, погиб, однако есть основание предполагать, что его соленость немногим должна отличаться от солености предыдущего горизонта.

Таблица 3.

ст.	75°58'N 20°05'O	27/vii	341			338			319			331			335			320			Нансен 3			Нансен 4				
			t ⁰	S ^{0/00}	m	t ⁰	S ^{0/00}																					
321	75°58'N 20°05'O	27/vii	0	5.20	34.11	0	4.40	33.58	0	2.40	34.43	0	2.10	34.34	0	1.20	34.40	0	2.70	34.52	0	4.80	34.38	1	0.8	34.42		
			10	3.70	34.92	10	4.34	34.09	10	2.22	34.47	10	2.01	34.51	10	0.66	34.42	10	2.27	34.47	25	1.68	34.69	20	0.7	34.50		
			25	3.62	34.94	25	3.10	34.90	25	2.12	34.51	25	2.04	34.52	25	0.74	34.45	25	2.28	34.49	50	1.58	34.67	50	0.7	34.52		
			50	3.60	35.01	50	2.69	34.92	45	2.12	34.51	40	2.05	34.51	58	0.52	34.43	40	2.26	34.51	100	1.59	34.67	60	0.7	34.52		
			70	3.60	35.01	100	[1.86]	34.96	55												110							
			78																									

и гомогалинность. Такую однородность гидрологических элементов Нансен [1915] объясняет слабым передвижением масс воды в горизонтальном направлении над банками; по его мнению вследствие неровности дна движение воды очень затруднено и на банках зимняя вода может застывать до самого лета, при чем состав ее становится однородным вследствие вертикальной циркуляции обусловленной зимним охлаждением и увеличением концентрации верхних слоев. Правда, на мелководных станциях Нансена, 3 и 4, 11-12/VII—1912 г., лежащих в области банок Медвежьего острова (см. карту станций), мы имеем температуры сравнительно низкие в верхнем слое в 100 м; однако, на наших мелководных ст. 321, 338, 319 и 335, температура, хотя также однообразна, но она выше и, во всяком случае, не является характерной для зимнего или весеннего периода. Однообразие температуры и солености мы склонны скорее объяснить интенсивным перемешиванием, зависящим от волнения и от горизонтального передвижения масс воды в связи с приливо-отливными течениями. В небольшом слое в 40—50 м перемешивание от этих причин может быть довольно совершенным. В группе станций, приведенных в таблице, мы имеем: 1) станции с однородной температурой около 2° и не очень высокой соленостью, около 34.5% (ст. 338, 319, 335); 2) одну (ст. 321) в северо-западной границе группы станций с более высокой температурой, 3.6°, и соленостью около 35% и, наконец, 3) две станции, одну с более низкой температурой и соленостью (ст. 331), температура = <1° и соленость = 34.4%, и другую с более низкой температурой и сравнительно невысокой соленостью (ст. 320), температура = 1.6°, соленость = 34.6%.

Из этих данных видно, что часть станций Шпицбергенских банок находится в области восточной ветви Шпицбергенского течения, которая проявляется наиболее интенсивно в северо-западном районе банок (ст. 321, 341); другая часть, лежащая в мелководье, захвачена только отчасти этим течением, при чем, благодаря специфическим условиям полного перемешивания слоя толщиной в 40—50 м, температура и соленость здесь более или менее однообразны (ст. 319, 335, 338) и несколько понижены: температура = 5°, соленость = 34.5%. Это происходит от того, что с юго-востока надвигаются более холодные и менее соленые воды, лежащие в этом направлении от о. Медвежьего. Ст. 331 находится на южном склоне банки, ближе к этим водам, и поэтому температуры и соленость на этих станциях несколько ниже. Ст. 3 и 4 Нансена по своему положению соответствуют нашим трем, указанным выше, станциям и находятся также в пограничной области между восточной ветвью Шпицбергенского теплого течения и холодным — районом к востоку от о. Медвежьего. Надо полагать, что некоторая часть атлантической воды под напором главной струи теплого течения поднимается до уровня выше 40—50 м и покрывает собою, частично, с северо-запада мелководье Шпицбергенской банки; с юго-востока же наступают более холодные воды; слои смешиваются между собой в однородную массу и в силу местных условий образуется характерная однородная вода банок.

На наших южных станциях Стур-фиорда мы, наоборот, встречаем полярную воду на ст. 358, 357 и 353 с типичной низкой температурой на глубине 50 м, доходящей до —1.78°¹

¹ Следы такой низкой температуры на глубине 50 м наблюдались нами в 1924 г. в конце лета на нашей ст. 203, 77°21'30"N 18°32'O, расположенной недалеко от ст. 357 этого года.
Глубина в м 0 5 10 25 50 85 91 (дно).
Температура 0.18° 0.50° 0.49° 0.45° 0.18° 0.83°.

и соленостью до 34.74%. Это тот промежуточный холодный слой, который наблюдается в западных фиордах и который объясняется проникновением через порог воды полярного берегового холодного течения (Нансен) или охлаждением в самом фиорде проникшей в него атлантической воды (N. von Hofsten und S. Bock. 1910).

На наш взгляд, в этой открытой части моря, которая является преддверием к фиорду, указанное явление дихотермии носит отчасти общий характер распределения температуры в полярном море; однако, значительную роль в этом процессе должны играть массы атлантической воды, находящейся здесь поблизости и надвигающейся во внутрь залива. Эти воды, несколько охлаждаясь, опускаются на дно, сохраняя свою соленость или слегка лиши теряя ее. Здесь мы встречаем, таким образом, слой с высокой соленостью и низкой температурой, как на ст. 356 (см. табл. 4), где температура придонного слоя достигает —1.83° и соленость 35.16%; полярная вода не обладает такой высокой соленостью. Наши наблюдения подтверждают тот факт, который был отмечен и шведской экспедицией De Geer'a [1910], а именно, что соленость в этих областях может достигать 35% и выше, в чем в свое время Нансен сомневался и предполагал, что полученные также им высокие цифры солености аэрометрическим методом неверны. На ст. 353, расположенной несколько севернее ст. 356, встречается такая же высокая соленость — 35.14%; определенная же нами на более южной ст. 358 соленость равная 35.43% явно преувеличена и ошибочна.

Таблица 4.

353 77°28'30"N 19°21'0'O 10/viii			356 77°21'30"N 19°20'0'O 10/viii			357 77°20'N 18°37'O 10/viii			358 77°12'N 19°22'O 11/viii		
m	t ⁰	S ^{0/00}	m	t ⁰	S ^{0/00}	m	t ⁰	S ^{0/00}	m	t ⁰	S ^{0/00}
0	2.30	25.07	0	4.00	29.60	0	1.20	24.33	0	4.50	29.02
10	0.40	34.02	10	1.90	33.31	10	1.61	31.44	10	0.29	33.77
25	— 0.32	34.42	25	— 0.98	34.14	25	— 0.88	34.00	25	— 0.65	34.16
50	— 1.78	34.43	50	— 1.55	34.52	50	— 1.68	34.36	50	— 1.71	34.74
100	— 1.47	34.70	100	— 1.81	34.81	75	— 1.20	34.49	100	— 1.31	37.88
155	— 1.84	35.14	140	— 1.83	35.16	80			158	— 1.85	—
160			147						163		

По разрезу 1, идя с юга на север, область, где находится три южных ст. 353, 356 и 358, относится к открытой части моря; это еще не залив и, начиная с глубины в 50 м до дна, располагается тяжелая и холодная вода с минимумом температуры около дна, но и с явными признаками присутствия холодного промежуточного слоя на глубине 50 м. Соленость с глубиною возрастает и достигает максимальных значений, отмеченных нами выше. Температура и соленость придонного слоя следующие:

На крайней восточной станции 354 южного разреза (III) мы встречаем также неправильную стратификацию, но минимум температуры находится на большей глубине; он менее резко выражен и в придонном слое нельзя отметить тяжелого холодного слоя. В этой области влияние близости атлантической воды не ощущается. Далее к северу, собственно в самом фиорде, имеется небольшой район (ст. 349, разрез II), в котором отчетливо можно различить холодный промежуточный слой на глубине 50 м с температурой, достигающей —1.78° и сравнительно невысокой солености, 34.22%. На этой станции глубина также больше, чем на соседних станциях того же разреза, за исключением западной прибрежной ст. 346, где замечается правильная стратификация. В прибрежных областях промежуточный холодный слой, если бы он даже и образовался, то во всяком случае, благодаря береговому течению и влиянию приливо-отливной волны, должен был бы в скором времени смешаться с соседними слоями воды; холодный же и плотный слой должен задерживаться в более глубоких частях фиорда, где застывание тяжелых масс воды представляется вполне возможным и понятным. Таким образом, можно представить себе общую схему образования этого тяжелого и холодного слоя следующим образом. Атлантическая высоко-соленая вода проникает в фиорд, охлаждаясь приобретает более высокую плотность и вследствие этого опускается до известной глубины в соответствии с плотностью соседних слоев воды; в ямах и глубоких впадинах она застывает и ее можно встретить еще летом в период таяния льдов. К этому надо еще добавить, что процессу образования тяжелой воды зна-

чительно должен способствовать процесс льдообразования. Что является причиной проникновения атлантической воды вглубь Стур-фиорда, всасывание, вследствие кругового движения внутри фиордов вдоль берега, или, кроме этого, еще непосредственное давление теплого атлантического течения, или какие либо еще другие причины, трудно сказать. Надо думать, что на проникновение воды извне в открытый с юга Стур-фиорд, могут влиять еще и другие причины как, например, приливо-отливная волна. В фиорд проникает также и полярная вода, идущая с северо-востока вдоль берегов Свальбарда над мелководьем мимо Южного мыса и далее вдоль западного побережья к северу. Эта вода неминуемо должна заходить в Стур-фиорд с востока, захватывая с собой атлантическую воду северо-восточной ветви Шпицбергенского течения. В фиорде эти воды более или менее смешиваются и образовавшаяся охлажденная тяжелая вода заполняет собою ямы. Избыток воды выходит вдоль западного побережья фиорда в открытый океан. В своем циклоническом движении внутри фиорда течение отчасти увлекает и воды восточной части океана через узкие проливы Helis и Thymen. Об интенсивном обмене вод через эти проливы можно судить по тому, что в 1924 году "Персей" не мог пройти в Стур-фиорд проливом Тхутеп в следствие чрезвычайно сильного течения. Поступающая вода обуславливает иногда образование того характерного, отмеченного уже раньше другими исследователями (Нансен, Н. в. Hofstet и др.) промежуточного холодного слоя, который мы встречаем на нашей северной ст. 349, где он не подвергался, повидимому, перемешиванию с соседними слоями и, поэтому, сохранил свое положение между двумя более теплыми слоями воды. Проникающие в фиорд массы атлантической более теплой воды движутся на север восточной частью залива; в своем движении эти массы достигают области северного нашего разреза в восточной его части, где охлажденные притоком полярной воды, поступающей через северо-восточные проливы образуют холодный и плотный слой воды. В середине фиорда (ст. 351) мы имеем центр прогретой воды во всей толще сравнительно с мелководной областью фиорда. Мне думается, что здесь как раз струя атлантической воды, встречая более мелкие места, поворачивая на запад, образует центр вихревого движения и создает благоприятные условия для более высокой температуры и солености. Далее к северу, вглубь фиорда, вряд ли атлантическая вода может проникать в сколько нибудь значительных количествах; впрочем непосредственных наблюдений в этой части фиорда не имеется и поэтому вопрос этот можно считать открытым.

Такое распределение атлантической воды внутри фиорда подтверждается также прозрачностью и цветностью воды. По оси фиорда, начиная с южной ст. 358, постепенно к северу прозрачность падает, а цветность изменяется от синего к зеленоватому.

На станциях, лежащих ближе к берегам, прозрачность ниже и цвет зеленее, отчасти потому, что в прибрежной области больше мелких взвешенных частиц приносимых с суши талой водой. В центральной части фиорда вода имеет более интенсивный синий цвет и более прозрачна оттого, что пришедшая извне струя атлантической воды еще не успела смешаться с водами фиорда. На южном разрезе хорошо заметно влияние берегов.

На существование внутри фиорда постоянного движения воды циклонического характера косвенным образом указывает также, отмеченное как нами, так и другими наблюдателями, движение льдов в указанном направлении и вынос их из фиорда вокруг Южного мыса в западном направлении.

Кислород (рис. 5). По содержанию кислорода Стур-фиорд во время наших наблюдений представлял картину характерную не только для Полярного бассейна вообще, но и для фиордов Свальбарда. Прежде всего характерным является то, что верхний слой воды от поверхности до 25 м, а иногда и до 50 м пересыщен кислородом. Из 14 станций на 4 (ст. 348, 350, 351 и 354) пересыщение наблюдалось на глубине до 50 м. Все эти станции находятся в восточной части фиорда. Пересыщение—довольно значительное и достигает на южной ст. 358—24%. Начиная от 25 м, а иногда 50 м глубины, содержание кислорода к дну равномерно падает; впрочем в 3-х случаях (ст. 354, 356 и 358) на глубине 100 м замечаются некоторые отступления; на ст. 354 и 356 минимум находится не на этой глубине, а в придонном слое; наоборот, на ст. 358, на этой же глубине, обнаружено повышение. Это явление можно было бы обяснить наличием в этом районе, где встречаются струи атлантического и полярного течения, переслаивания воды с различным содержанием кислорода, отвечающего температуре данного слоя.

В верхнем пересыщенном кислородном слое замечается одна особенность, которая повторяется на всех станциях, это то, что на поверхности как абсолютно, так и относи-

тельно кислорода бывает меньше, чем в нижележащих слоях. Это, на первый взгляд, странное явление станет понятным, если принять во внимание, что между кислородом содержащимся в воде и в атмосфере должно устанавливаться равновесие ранее нарушенное изменившимися условиями газового баланса. Безразлично, от какой причины получилось пересыщение, от чрезмерного ли развития фитопланктона, или от изменившихся температурных условий; оно с течением времени должно исчезнуть и, в пограничной с атмосферой зоне, для этого имеются вполне подходящие условия (волнение и пр.). Можно думать, что в процессе образования слоя пересыщенного кислородом, именно в верхних слоях воды, участвует не одна причина. С одной стороны развитие фитопланктона может влиять на обильное выделение кислорода; с другой, могут влиять меняющиеся температурные условия при смешении слоев с различным содержанием кислорода; однако, наряду с этим, я полагаю, что в период таяния льдов верхние слои воды могут обогащаться кислородом еще за счет тех включений воздуха, которые содержатся в ледяных массах и в слое покрывающего их снега.

В Стур-фиорде нами наблюдалось явление, которое было отмечено Нансеном для западных фиордов Свальбарда, а именно, что, начиная с 50 метровой глубины, содержание кислорода резко падает. Нансен связывает это с известным явлением образования в полярном море промежуточного холодного слоя, который является результатом вертикальной циркуляции, вследствие образования во время замерзания моря более плотной воды, приносящей с собой меньше кислорода, так как этот слой образуется под ледяной корой и в нем отсутствует фитопланктон. Однако, не на всех наших станциях можно было констатировать кислородный скачок (ст. 348, 350, 351 и 354); кроме того, минимум насыщения иногда не совпадал с температурным минимумом в холодном промежуточном слое. Из пяти случаев, где был отмечен этот слой, в трех кислородный минимум был на большей глубине:

Ст.	Глу- бинны в м	Температура проме- жуточного холодного слоя	Минимум O_2	
			в cm^3	Минимум O_2 100.0_2 0_2
349	88	— 1.74° на глубине 50 м	7.07	85.18 на глубине 83 м
353	160	— 1.78° на глубине 50 м	6.12	73.03 на глубине 100 м
357	80	— 1.68° на глубине 50 м	7.34	88.12 на глубине 75 м у дна

В двух остальных случаях (ст. 354 и 358) явление несколько осложнено; на ст. 354 промежуточный холодный слой спустился до глубины 100 м, на 30 м от дна и на этой глубине низкое содержание кислорода в холодном слое совпадает с низким содержанием его в придонном слое, а на ст. 358 имеется два температурных и два кислородных минимума—на глубине 50 м и у дна. Таким образом, в сущности только на этой станции можно наблюдать отчетливую картину зависимости между содержанием кислорода и температурным минимумом. На ст. 358, где глубина равна 163 м первый температурный минимум промежуточного холодного слоя находится на глубине 50 м и равен —1.71°, второй находится у дна на глубине 158 м и равняется —1.85°. Первый минимум кислорода и насыщения находится на глубине 50 м и равен 7.29 cm^3 и 84.48%; у дна — 6.92 cm^3 и 82.28%. Впрочем, если минимум кислорода не совсем точно совпадает с температурным минимумом в холодном промежуточном слое, а встречается на некоторых станциях ниже, то это можно объяснить неравномерным развитием по слоям организмов, поглощающих кислород. Весьма возможно, что сильное развитие организмов в данный момент имеет место в слое, лежащем несколько ниже холодного промежуточного и, таким образом, фактор наиболее резко влияющий на понижение содержания кислорода может обусловить в том или ином слое такое несовпадение.

В общем, на большинстве станций наблюдается один и тот же характер распределения кислорода по глубинам, с разделением на два слоя, на верхний пересыщенный и, начиная с глубины в 50 м, нижний слой с неполным содержанием кислорода. Только 4 станции в северном, наиболее мелководном районе фиорда, с глубинами едва превышающими 50 м, отличаются от остальных тем, что на них пересыщение кислородом наблюдалось во всей толще воды от поверхности до дна. Принимая во внимание, что до глубины в 50 м во всем фиорде наблюдается то же самое явление, можно с уверенностью сказать, что этот слой с избыточным кислородом лежит на всем пространстве фиорда более или менее на одинаковой глубине. Остальная масса воды нижних слоев содержит достаточное количество кислорода и только в глубоких ямах в южной части фиорда, с глубинами около 150 м содержание кислорода падает ниже 7 cm^3 . Наименьшее содержание кислорода было найдено на ст. 356 на глубине 100 м; оно равнялось 6.82 cm^3 (цифра 6.12 cm^3 на глубине 100 м на ст. 353 должна считаться ошибочной). В общем надо признать, что вода Стур-фиорда хорошо проветривается даже в сравнительно глубоких его районах; что же касается северной мелководной исследованной нами ступени, то здесь вода почти во всей своей толще содержит даже избыток кислорода. Такое хорошее проветривание и отсутствие явления стагнации даже в более глубоких частях фиорда, является следствием того, что

он имеет совершенно открытый вход, связан непосредственно со смежными областями открытого моря, где происходит энергичная горизонтальная циркуляция (полярное и атлантическое течения) и не имеет характерного для фиорда порога, затрудняющего проникновения извне вод насыщенных кислородом. Наблюдения Gaarder'a [1915—1916] в норвежских фиордах показали, что растворенный кислород более или менее равномерно убывает вследствие отсутствия свободного обмена с открытым морем. В Стур-фиорде, наоборот, обмен с открытым морем, как мы видели, свободен и поэтому, если там вода насыщена кислородом, то естественно, что вместе с потоком воды из открытого моря будут непрерывно поступать новые и новые запасы кислорода. При малых глубинах в фиорде, даже при незначительной конвенции, вода во всей своей толще может легко обогащаться кислородом, поступающим извне.

Концентрация водородных ионов (рис. 5). В методике определения pH есть еще некоторые стороны, которые требуют освещения. Стандартный метод ждет еще своей окончательной разработки и поэтому неудивительно, что до самого последнего времени в литературе встречаются иногда описания методов, применявшимися в той или иной экспедиции, которые отличаются некоторым разнообразием. Из индикаторов чаще всего пользуются предложенным Sögen's'om и Palitzsch'om [1910] α -нафтолфталеином (из группы ксантеновых красителей); однако, в практику входят и индикаторы, изученные Clark'ом и Lubs'ом (производные сульфофталеина). В этом рейсе мы пользовались индикатором α -нафтолфталеином. Шкала буферных растворов была составлена из растворов буры и соляной кислоты с интервалами в 0.05 pH. В вопросе о температуре, при которой следует производить колориметрическое определение, мы придерживались такого порядка, что проба воды, полученная из батометра, оставлялась в хорошо закрытом сосуде на некоторое время в лаборатории и по принятии ею температуры растворов, с которыми сравнивается проба, подвергалась исследованию. Колориметрическое определение производилось при рассеянном свете. Вопрос о температуре, при которой следует производить определение, должен получить окончательное разрешение. Если работать в полярных условиях так, как многие работали в более умеренном климате и определять pH в пробирках, немедленно после взятия пробы из батометра, то буферные растворы во время определения могут значительно охлаждаться и давать неправильные показания (как известно при понижении температуры степень диссоциации уменьшается и следовательно

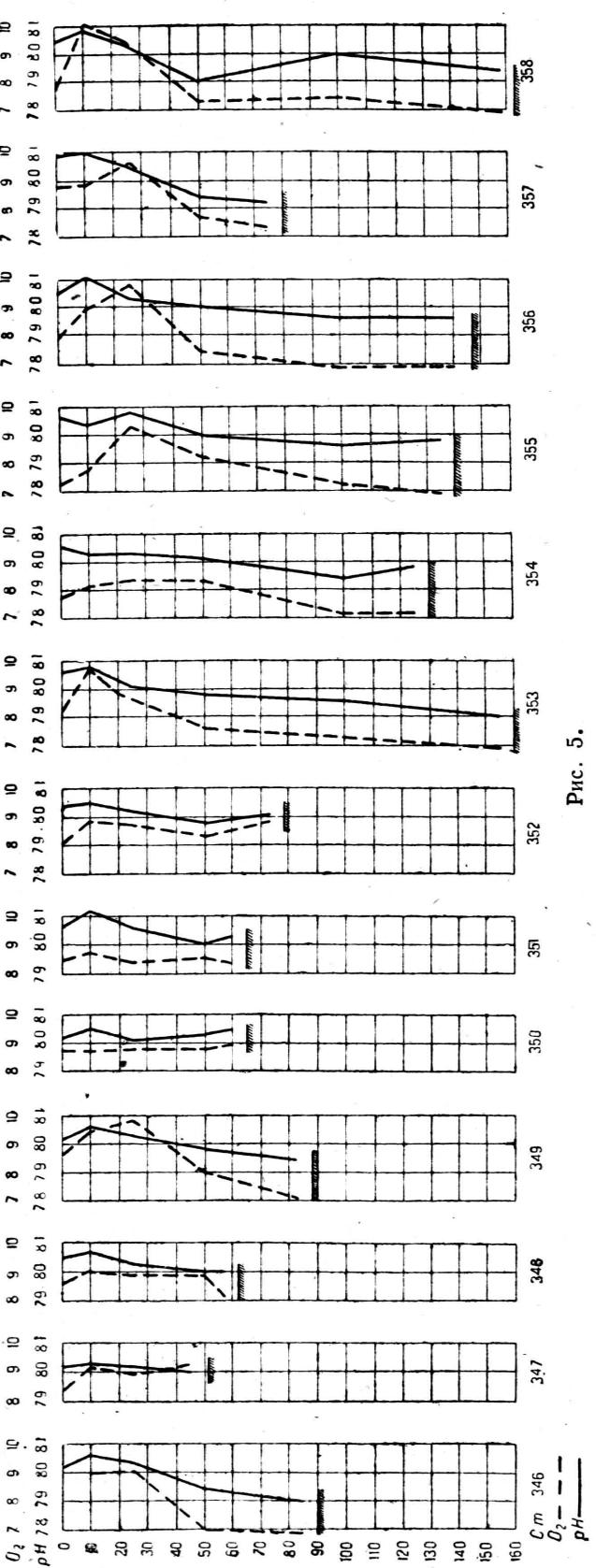


Рис. 5.

определенія могут значительно охлаждаться и давать неправильные показания (как известно при понижении температуры степень диссоциации уменьшается и следовательно

pH увеличивается). Естественно, что необходимо по возможности сохранять ту температуру растворов, при которой они определялись электрометрически; но это не всегда удается в экспедиционных условиях; с другой стороны, доводя температуру испытуемой морской воды до температуры помещения, где находятся буферные растворы (при условии, что температура последних осталась той же, при которой в них определялся pH электрометрически, мы этим самым уже теряем возможность определить pH в морской воде *in situ*). Поправки на температуру, предложенные Kolthoff'ом [1922], собственно говоря, дают возможность выйти до известной степени из затруднительного положения, если бы не то, что производить измерение температуры во время определения в испытуемой воде и в буферных растворах технически затруднительно. Обычно авторы повторяют то общее положение, что температурная ошибка сравнительно мала и ее можно пренебречь; однако, принимая во внимание разницу температур испытуемой воды только что взятой из батометра и, температуру буферных смесей, приходится иметь дело с температурной разницей, доходящей в некоторых случаях до 15°—20° С и, следовательно, смещение pH в зависимости от температурной ошибки при α -нафтолфталеине или некоторых индикаторах группы сульфофталеинов, сможет доходить до 0.12—0.16. Точно также, подвергая изменению температуру испытуемой воды и сохраняя температуру буферных смесей, мы также должны были бы вводить температурную поправку. Наименьшая температурная ошибка, конечно, будет при определении pH немедленно после взятия пробы из батометра. В наших определениях pH в морской воде Стур-фиорда температурная ошибка могла достигать лишь нескольких сотых долей pH, но поправка на эту ошибку нами намеренно не вводилась ввиду того, что ее величина при различных условиях работы должна быть еще установлена. В ближайшее время вопрос о температурной поправке при определении концентрации водородных ионов в морской воде нами будет подвергнут экспериментальному изучению.

В нашем материале по Стур-фиорду введена обычная солевая поправка Palitzsch'a. Что же касается до так называемой „белковой“ поправки, то в нашем случае она значения иметь не могла. Солевая поправка бралась для α -нафтолфталеина. Полученные нами данные по концентрации водородных ионов отличаются значительной стройностью, которая выразилась прежде всего в том, что величина pH с глубиной падает, давая некоторое повышение на глубине 10 м (за немногими исключениями, где повышение наблюдалось на иной глубине). Крайние пределы для значения pH = 8.12 у поверхности и 7.90 у дна. Амплитуда колебания для фюордов Сvalльбарда по наблюдениям Нансена [1915] несколько больше — 8.25 — 7.92 (период года наблюдения был тот же, что и у нас). Эта, несколько большая амплитуда происходит от того, что в Green Harbour'e им было найдено на поверхности pH = 8.25, тогда как обычно в верхних слоях в остальных фиордах, а по нашим наблюдениям и в Стур-фиорде, pH = ~ 8.10. В более южных широтах в верхних слоях северной Атлантики (55° до 60°) Gaarder'ом [1927], было найдено в среднем pH = 8.22, хотя в других местах по наблюдениям того же автора встречаются и более низкие значения (до 8.13). В открытом море севернее Сvalльбарда Нансеном были найдены у поверхности также более высокие pH:

Ст. 19 80°18'N 10°45'O — pH = 8.24
Ст. 39 80° 5'N 15°33'O — pH = 8.19

Эти последние цифры как будто противоречат правилу, в силу которого с увеличением широты pH падает.

В настоящее время надо считать установленным, что с повышением солености увеличивается и значение pH. Это наблюдается в горизонтальном направлении; в вертикальном мы видим обычно, что, начиная с известной глубины, pH уменьшается, в то время, как соленость возрастает. Такое видимое противоречие зависит от того, что влияние возрастающего давления CO₂ с глубиной сильнее влияния солености (K. Visch, 1917 г.; Gaarder 1927 г.). Сравнительное низкое значение pH в верхних слоях Стур-фиорда свидетельствует о том, что вертикальная циркуляция достаточно энергична, чтобы захватить и глубокие, более кислые слои воды. На значение вертикальной циркуляции в явлениях равновесию газов в губе Черной ссылается также E. M. Krepс (1927 г.), который видит в более щелочной реакции (pH 8.25), поверхностных слоев во II-ом ковше губы, задержку вертикальной циркуляции. В таком, почти замкнутом водоеме, соединенном узким (в 4 м) проливом, с 1 ковшем, вполне понятно, что внешние влияния сведены здесь к минимуму. Стур-фиорд, наоборот, представляет собою открытый залив с совершенно свободным притоком вод извне с одной стороны прибрежного поверхностного полярного течения и, с другой, Атлантического. В самом фиорде воды эти, смешиваясь, дают воды среднего смешанного состава, в которых может найти свое отражение реакция более глубоких слоев, принесенных из открытого океана.

Несмотря, однако, на эту общую слегка повышенную кислотность, ни в коем случае нельзя говорить о каком либо явлении стагнации. Пределы значения pH в придонных слоях не превышают найденные другими исследователями; минимум, найденный нами в Стур-фиорде, был на ст. 346 на глубине 85 м (дно 90 м), и такой же на ст. 353 на